

ZE STEJNÉ LÁTKY, Z NÍŽ SPŘÁDAJÍ SE SNY

Kde vysvětluji, jak pohlížet na fyzikální zákony mnohem širěji, včetně *kontrafaktuálů* (výroků o tom, které změny jsou možné nebo nemožné), a vy se setkáte s *vědění*m definovaným pomocí kontrafaktuálů. Kupříkladu prostřednictvím informace, která je schopna držet si svou existenci.

Většina věcí ve vesmíru není trvalá. Skály se nezadržitelně obrušují, stránky knih se trhají a žloutnou, živé věci – od bakterií přes slony po lidi – stárnou a umírají. Důležitou výjimkou jsou základní prvky hmoty, jako elektrony, kvarky a ostatní elementární částice. Systémy, které jsou jimi tvořeny, se mění, ale tyto základní prvky zůstávají beze změny.

Za tuto trvalost i netrvalost jsou zcela zodpovědné zákony fyziky. Uvalují silná omezení na vše v našem vesmíru: na vše, co se dosud stalo, a na vše, co se teprve v budoucnu stane. Fyzikální zákony rozhodují, jak se planety pohybují po svých oběžných drahách, řídí rozpínání se vesmíru, elektrické proudy v našem mozku a v našich počítačích a také ovládají vnitřní mechanismus bakterie nebo viru, oblaků na obloze, vln v oceánu, tekuté, roztavené horniny v žhnoucím jádru naší planety. Jejich moc sahá až za to, co se skutečně ve vesmíru děje, a zahrnuje i to, co *může* nebo *nemůže* nastat. Co fyzikální zákony zakážou, toho nelze docílit, i když se budete velmi snažit. Například nelze postavit stroj, který by urychlil částici nad rychlost světla. Ani nelze sestrojit, jak už jsem zmínila, *perpetuum mobile* a vytvořit energii z nulové energie – protože fyzikální zákony říkají, že celková energie ve vesmíru zůstává konstantní.

Fyzikální zákony nám poskytují hlavní vysvětlení přirozeného sklonu věcí k netrvalosti. Příčinou této netrvalosti je, že nejsou nijak obzvlášť uzpůsobeny k zachování jiných věcí než *základních prvků*. Platí pro jednoduché částičky hmoty, ale nejsou vytvořeny nebo zaměřeny na zachování z nich vytvořených určitých souborů. Elektrony a protony se navzájem přitahují – to je základní interakce:

tento jednoduchý fakt tvoří základ celé složité chemie našeho těla, ale do fyzikálních zákonů se tato složitost vůbec nepropisuje. Fyzikální zákony, jako například ty v našem vesmíru, které *nejsou* speciálně *určeny* nebo *uzpůsobeny* k zachování něčeho konkrétního, kromě základních jednotek, budu nazývat *ne-designové zákony*. Podle ne-designových zákonů se komplexní soubory atomů, jako například skály, neustále mění díky vzájemné interakci se svým okolím, což způsobuje ustavičné změny v jejich stavbě.

Z hlediska zachování stavby způsobuje většina této vzájemné interakce chyby ve formě malých závad, což časem vede k poškození každé komplexní struktury. Pokud nezasáhne něco, co těmto chybám zabrání a opraví je, celá struktura nakonec zmizí nebo se zhroutí. Čím složitější celý systém je a čím více se liší od základních prvků, tím těžší je vyvažovat chyby a udržovat ho v existenci. Představte si starý způsob zachovávání rukopisů pomocí opisování. Čím delší a složitější je rukopis, tím vyšší šance, že se během opisu vyskytne chyba, a tím těžší je pro písaře vyhnout se jí – například zkontrolováním každého slova po jeho zapsání. Vzhledem k tomu, že fyzikální zákony jsou ne-designové, schopnost systému udržovat se v existenci (v měnícím se prostředí) je v našem vesmíru vzácná a pozoruhodná vlastnost. Protože je tak důležitá, dám jí jméno: *odolnost*.

Mnozí básníci a spisovatelé zklamaně hořekují nad tím, že odolnost je ve světě tak těžko dostupná. Zde je mistrovská ukázka z Prosperovy řeči v Shakespearově *Bouři*:

„Je konec představení. Hráli je,
jak jsem už řekl, duchové a teď
je z nich jen vzduch, jen pouhopouhý vzduch.
Nejvyšší věže, skvostné paláce,
vznešené chrámy, ano, celý svět
se rozplyne a všechno, co je na něm,
zmizí jak tenhle pomíjivý výjev –
ani cár mlhy po něm nezbude.
Ze stejné látky jsme, z níž spřádají
se sny, a život je jen ostrůvek,
co ze všech stran je obklopený spánkem.“*

Tyto verše mají tak krásnou formu a rytmus, že při prvním čtení nám může něco důležitého uniknout. Představují jenom zúžený a jednostranný pohled na realitu

* Shakespeare, William: *Bouře*, in: *Dílo*, přeložil Martin Hilský, Praha 2011, str. 1488.

a opomíjejí její základní prvky. Když je vezmeme v potaz, uvidíme, že Prosperův pesimistický tón a závěr nejsou na místě. Ale tyto fakty nejsou bezprostředně zřejmé. Abychom si jich všimli, musíme uvažovat o něčem navíc, než co se samovolně děje v našem vesmíru (jako je netrvalost, občasná odolnost, planety a „nejvyšší věže“ našich měst). Budeme muset uvažovat o tom, co může a nemůže nastat: o *kontrafaktuálech*, které v posledku také podléhají fyzikálním zákonům, jak jsem už řekla.

Nejdůležitější aspekt, který Prosperova řeč opomíjí, je, že i v oblasti působení ne-designových zákonů lze odolnosti dosáhnout. Neexistuje záruka, že jí bude dosaženo, protože tyto zákony pro to nejsou určeny, ale dosaženo jí být *může*, protože to zákony fyziky nezakazují. Okamžitě se o tom můžeme přesvědčit, když se porozhlédneme kolem trochu pozorněji, než bylo možné v Shakespearově době. Opravdu existují entity, které jsou do určité míry odolné, a hlavně, některé jsou odolnější než jiné. Některé o hodně víc. A nejsou to, na rozdíl od rčení a obvyklých mouder, skály a kameny, ale živé entity.

Živé věci se obecně vyznačují tím, že mají mnohem větší vlohy pro odolnost než třeba skály. Zraněný živočich se může často opravit, ale skála ne. Jednotlivý živočich nakonec zemře, ale jeho druh může přežít mnohem déle než skála.

Vezměme si například bakterie. Už na zemi existují nezměněné více než tři miliardy let (a to se stále vyvíjejí!). Přesněji řečeno, téměř se nezměnily určité sekvence příkazů, které kódují, jak vytvořit bakterii ze základních prvků, a které se nacházejí v každé bakteriální buňce: nazvěme to *návod*. Tento návod je obsažen v molekule DNA, která je klíčovou součástí každé buňky. Je to řetězec chemických látek čtyř různých bází. Tento řetězec funguje přesně jako dlouhá řada slov, skládajících se z abecedy o čtyřech písmenech: každé slovo odpovídá zhruba jednomu příkazu v návodu. Biologové nazývají skupiny těchto základních příkazů „geny“.

A právě konkrétní struktura, nebo vzor, zkratka DNA bakterie, zůstala po celou dobu téměř stejná. Naproti tomu během stejné doby se uskupení a struktura skal na zemi nesmírně změnily, celé kontinenty se přeskupily díky hlubinným pohybům pod zemskou kůrou. Představme si, že na zemi v její rané prehistorii přistáli mimozemšťané, odebrali DNA z bakterií (třeba ze sinic) a také si naši zemi vyfotili z vesmíru, a nyní se vrátí se stejným úkolem. Na obrázcích naší planety bude všechno jinak. Vzájemná poloha kontinentů a oceánů je zcela jiná. Ale struktura DNA oněch bakterií je *téměř nezměněná*. Takže určité věci v našem vesmíru, jako třeba návody zapsané v DNA, *mohou* dosáhnout vysokého stupně odolnosti.

Další aspekt, který Prosperova řeč opomíjí, je schopnost živých entit působit na své okolí, měnit ho a (hlavně) uchovat si tuto schopnost do budoucna, takže za sebou zanechávají mnohem více než jenom „cár mlhy“. Země dosud skrývá

pozůstatky bakteriální aktivity z doby před několika miliardami let, například ve formě fosilního uhlíku. Rostliny způsobily obrovskou změnu ve složení atmosféry uvolněním plynného kyslíku, což byl vedlejší účinek přeměny slunečního světla v chemickou energii prostřednictvím fotosyntézy. I lidé jsou schopni své okolí měnit v mnoha parametrech. Navzdory Prosperovu názoru mohou paláce, chrámy a vysoké věže dosáhnout odolnosti – protože jsou to výtvoři civilizace. Lidé je mohou obnovovat na základě původních plánů, nebo spíše návodů, čímž zajistí, že vydrží mnohem déle než materiály, ze kterých se skládají. V principu by 3D tiskárna s takovým návodem mohla znovu postavit zcela zničený starověký palác.

Délka lidského života je pořád ještě omezená, ale technologie ji o hodně prodloužila ve srovnání délky života našich předků. Se změnami přirozeného prostředí se lidská civilizace postupně zlepšuje a roste. Máme nyní znalosti, které nám umožňují postavit vyhřívané (nebo ochlazované) domy, vyrobit účinné léky, navrhnout efektivní dopravu po zemi, a dokonce i do vesmíru, používat nástroje, které nám ušetří práci, prodlouží život a učiní ho příjemnější. Máme úchvatná umělecká a literární díla, hudbu a vědu. Už samotná slova v Prosperově řeči jsou příkladem našeho literárního dědictví, a proto přežila, spolu s dalšími nesčetnými úžasnými ukázkami lidské intelektuální aktivity. Takže místo aby se tento výjev vytrácel, udržuje nás při životě, a činí tak už staletí. A zbytek představení života na zemi dokonce mnohem déle, už miliardy let.

Jistě, odolnost naší civilizace je neustále ohrožována vážnými nebezpečími, která se během našeho pomalého postupu vpřed vynořují. Některá z nich, jako například globální oteplování a rychle se šířící pandemie, jsou ve skutečnosti vedlejším produktem vývoje, který zde popisují. Tato nebezpečí představují obrovské výzvy a mohla by snadno zničit několik aspektů pokroku, který jsme dosud učinili. Ale já bych se zde chtěla zaměřit na následující: je možné podniknout kroky k vyřešení těchto problémů, a zákony fyziky nezakazují ještě větší zlepšení. Nezaručuji zlepšení nebo vyřešení, ale ani je nevylučují: odolnost a další pokrok, díky řešení problémů, jako je klimatická krize, jsou možné. Zákony fyziky, vyjádřené jako kontrafaktuality, nabízejí příležitost ke zlepšení. Když budeme uvažovat o tom, co je ve vesmíru možné, kromě toho, co se děje, budeme mít mnohem ucelenější obrázek fyzikálního světa. Prosperův chmurný závěr je tudíž předpojatý a zcela mylný. Měl prostě jenom noční můru.

Z předchozích úvah vyplývá, že návod zakódovaný ve struktuře bakteriální DNA je mnohem trvanlivější než kámen, a ty systémy naší civilizace, pro které existuje podobný návod – systémy jako jsou medicína, věda a literatura –, mohou být ještě odolnější.

Takže když platí ne-designové zákony, pro vysoký stupeň odolnosti je zapotřebí určitého typu návodů. Jakého typu? Z čeho přesně jsou takové návody vyrobeny?

Odpověď na tuto otázku nám zabere trochu víc času a vyžádá si odbočku pojednávající o návodech. Nejprve je třeba pochopit, jak mohou návody vzniknout, když platí ne-designové zákony fyziky. Jak už jsem řekla, tyto zákony zachovávají pouze určité základní prvky a chemické látky, je tedy třeba vysvětlit samotný vznik návodů z tak základních věcí.

Začnu s návody zakódovanými ve struktuře DNA živých věcí. Dnes už dobře víme, jak vznikají. Darwinova teorie evoluce vysvětluje, jak se objevily živé entity a jejich úžasné biologické adaptace – jako například psi čumák, ploutve delfína nebo včelí křídla –, přičemž k tomu nepotřebují projektanta, pouze platné ne-designové zákony fyziky. Každá biologická adaptace určitého živočicha je zakódována jako návod obsažený v jeho DNA. Darwinova teorie nám vysvětluje, jak se složité biologické adaptace v podobě kódovaných návodů mohly objevit, aniž by byly explicitně navrženy. Což bude klíčové pro pochopení toho, z čeho se návody skládají.

Jak už to s důmyslnými teoriemi často bývá, pro pochopení toho, jaký problém Darwinova teorie řeší, je zapotřebí objasnit širší kontext. Náš problém přesně formuloval teolog William Paley několik desítek let před Darwinovým objevem. Živé věci jsou tak dokonale zorganizované, že se zdá, že jsou výsledkem plánovaného procesu – podobně jako když se v továrně vyrábí auto –, který směřuje k jasné vytčenému cíli. Mají „vzhled účelného uspořádání“, stejně jako auta, chytré telefony nebo hodinky. Když půjdete po pláži a najdete na zemi hodinky, budete mít (v tomto případě oprávněný) pocit, že je určitě sestrojil nějaký konstruktér. Ale na počátku naší planety žádný konstruktér nebyl. Neexistovala žádná továrna nebo vědomý projekční proces, které by vytvořily živé věci: jenom základní prvky hmoty v podobě beztvaré bublající polévky a nic jiného. Jak se tedy mohly živé entity a odolné návody kódující v jejich struktuře biologické adaptace objevit bez přítomnosti projektanta?

Darwin objevil to, co Paley neviděl, a sice že není třeba záměrného projekčního procesu: biologické adaptace v živočiších mohou vzniknout ze základních prvků hmoty, jako jsou jednoduché chemické látky, a to díky nezáměrnému procesu, který se nazývá *přírozený výběr*. Tento proces si vystačí jenom s dostatkem času a jednoduchými prostředky, jako jsou základní chemické látky, atd. Jedná se o neřízený mechanismus, který přesto dokáže vytvořit úžasnou, smysluplnou složitost, a začíná z ničeho podle zákonů fyziky, které samotné jsou jednoduché a ne-designové.

V Darwinově silném vysvětlení (jak ho chápeme dnes) existují dva hlavní pojmy. První je pojem *replikátoru*, jehož klíčovou roli v evoluci mimořádně jasně

vysvětlil Richard Dawkins ve slavné knize *Sobecký gen*. Abychom si ho vysvětlili, vraťme se k příkladu s bakterií. Každý příkaz v návodu ke stavbě bakterie je zapsán pomocí určité sekvence v části bakteriální DNA – tato část se nazývá *gen*. Geny mají zvláštní vlastnost. Pokaždé když se bakteriální buňka rozmnoží a vytvoří svou novou kopii, která se nazývá „dceřiná buňka“ (přestože bakterie nemají pohlaví a rozmnožují se dělením, nepohlavně!), sekvence každého genu se zreplikuje, čili zkopíruje, a to přesně, a poté se vytvoří zbytek nové buňky aplikováním návodu v DNA. Tyto sekvence jsou schopny replikace, a proto se nazývají „replikátory“. Mimochodem, tato replikace se děje postupně, písmeno po písmenu, jako když klášterní písaři kopírovali obsah starých rukopisů. Její chyby mohou být velmi podobným způsobem rovněž opraveny, a to buňkou samotnou po dokončení replikace. Proto přežila struktura bakteriální DNA tak dlouho. Kopírováním z generace na generaci je uchována po mnohem delší dobu, než je délka života jedné konkrétní bakterie, a to díky tomu, že buňka je schopná opravovat chyby. Zajímavé je, že pomocí replikace z generace na generaci je předávána konkrétní sekvence, která gen kóduje, čili jednoduchý příkaz: pokaždé když je zkopírována, změní svého fyzického nositele, ale zachová si všechny vlastnosti sekvence. Totéž se děje s řadou slov kopírovaných písaři: inkoust a kusy pergamenu nesoucí tato slova se mění, ale zkopírovaná slova samotná jsou, pokud nedojde k chybě, stejná jako slova v původním rukopise. Sekvence s touto zvláštní vlastností, schopností být *zkopírován* z jednoho fyzického nositele do druhého při zachování všech definujících vlastností, jsou zvláštním případem „informace“, jejíž přesné vysvětlení (založené na kontrafaktuálech) podám v Kapitole 3.

Takže odolné návody, které nacházíme v živočiších kolem nás, musí sestávat z nějaké informace. Abychom pochopili, o jaký druh informace jde, musíme uvážit druhý silný pojem Darwinovy teorie: variaci a selekci.

Jelikož se kopírovací proces opakuje z generace na generaci a platná pravidla jsou ne-designová, může dojít k chybám v důsledku interakce s okolím: výsledkem jsou nezáměrné změny (variace) v replikátorech. Pokud chyby nastávají se správnou frekvencí, ne příliš často, ne příliš zřídka, vytvoří nové varianty genů v nově vytvořené bakteriální buňce a zakódují jiný znak – vytvoří nové návody. To někdy znamená, že jedinci s touto variací jsou schopni se lépe vypořádat se svým okolím, a jsou tak úspěšnější – čímž zajistí uchování této genové variace a návodu, který ji kóduje, na úkor ostatních variací. Méně úspěšné varianty nakonec vymřou, což je důsledek soutěže s úspěšnějšími variantami v daném prostředí. Tento fenomén se nazývá „přirozený výběr“: jde o slepý proces, který dokáže vytvořit něco tak půvabného jako motýlí křídla, elegantního jako inkoustově černý

panter, a to bez představy, jak by to mělo nakonec vypadat, jediné díky replikaci molekul.

Proces přirozeného výběru nám pomůže vysvětlit, co je zvláštního na informaci v přeživších návodech. Protože přirozený výběr je slepý, jenom nemnohé konkrétní změny jsou hodnotné a vytvoří replikátory, které jsou schopné se udržet: většina z nich hodnotné nejsou a vymřou. Například v lese, kde mají stromy tmavou kůru, budou výhodné jenom některé změny v genech kódujících zabarvení křídel můry: například ty, které posunují jejich zabarvení směrem k barvě kůry, takže taková můra jako nosič tohoto znaku je méně viditelná pro predátory. Co odlišuje užitečné změny v návodě od těch neúžitečných? Konkrétní druh informace: a sice informace, která se *dokáže* udržet, i za pomoci svých kopií, ve fyzických systémech. Jde o odolnou informaci.

Tuto odolnou informaci, která je přísadou úspěšných návodů, budu nazývat *věděním* (a důkladně ji rozeberu v Kapitole 5). Pro adaptace je to vědění určitých rysů okolního prostředí, jako že stromy mají tmavou kůru. Vědění v tomto smyslu nepotřebuje osobu jako nositele: můra neví, že má černá křídla. „Vědění“ zde jenom označuje určitý druh informace, který má schopnost se zachovat a vepsat do fyzických systémů – v tomto případě díky tomu, že zakóduje určitá fakta o prostředí. Přirozený výběr je jeden z procesů, během něhož může být náhodně vytvořeno vědění prostřednictvím nezacíleného výběru biologických adaptací. Jedná se o neřízený slepý proces, který když má dostatek času a genetického materiálu, dokáže vytvořit věci, které vypadají, jako by je někdo vyprojektoval. Ale to je iluze, projektanta není potřeba.

Zmínila jsem i jiný druh návodů, a ty udržují při životě naši civilizaci – kódováním toho, jak postavit paláce, továrny, auta a roboty. Tyto návody také obsahují vědění: skládají se z informace, která se dokáže zachovávat tím, že se vepíše do fyzického nositele, jako je náš mozek, kusy papíru, knihy, dokumenty, historické záznamy, vědecké publikace, sborníky z konferencí, internet atd. Nicméně tento druh informace se získává jiným způsobem: vytváří se myšlením a dosáhne dále než vědění, která vzniká přímo z přirozeného výběru.

A hlavně díky tomuto druhu vědění dokázali lidé vyvinout civilizaci, která se stále pomalu zlepšuje a roste, i když často dělá velké chyby. Toto vědění se skládá z myšlenek. Je ze stejné látky, z níž se spřádají sny. A přesto se o něm dá říci, že místo toho, aby se rozpustilo jako ranní mlha, jak prohlašuje Prospero, je vědění základem odolnosti. Vědění z jeho řeči přežilo až do dnes. Vlastně vědění obecně je nejodolnější materiál, který může v našem vesmíru existovat.

* * *